

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-223026

(43)Date of publication of application : 09.08.2002

(51)Int.Cl.

H01S 5/026

(21)Application number : 2001-015938

(71)Applicant : FUJI PHOTO FILM CO LTD

(22)Date of filing : 24.01.2001

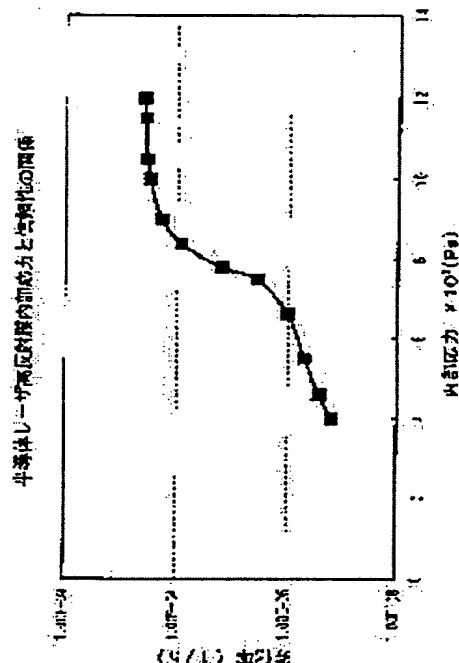
(72)Inventor : YAMANAKA HIDEO

## (54) LASER ELEMENT

## (57)Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To increase the reliability of a laser element by reducing the internal stress of a coating film.

SOLUTION: The internal stress of the coating film is set at  $8 \times 10^8$  (Pa) or less. Since a strain generated in the laser medium of the laser element can be reduced, the increase rate of a drive current per time can be reduced, and the reliability of the laser element can be enhanced.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号  
特開2002-223026  
(P2002-223026A)

(43)公開日 平成14年8月9日(2002.8.9)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>  
H 0 1 S 5/026

識別記号

F I  
H 0 1 S 5/026

テームコード\*(参考)  
5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数3 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2001-15938(P2001-15938)

(22)出願日 平成13年1月24日(2001.1.24)

(71)出願人 000005201

富士写真フイルム株式会社  
神奈川県南足柄市中沼210番地

(72)発明者 山中 英生

神奈川県足柄上郡開成町宮台798番地 富士写真フイルム株式会社内

(74)代理人 100073184

弁理士 柳田 征史 (外1名)

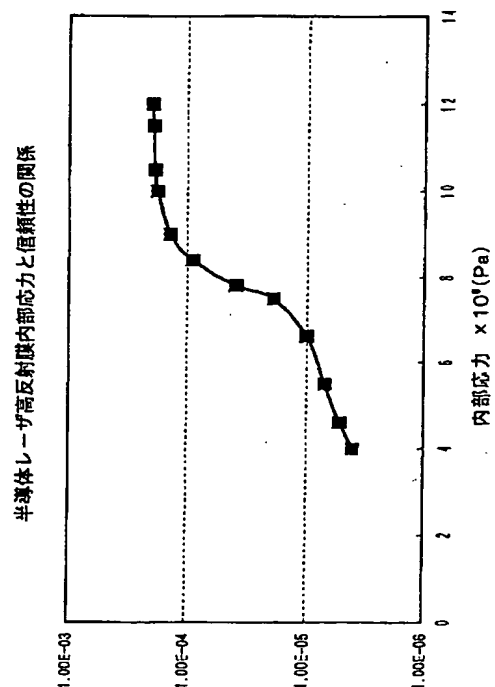
Fターム(参考) 5F073 AA09 AA20 AA45 AA73 AA83  
CA13 CB20 EA24 EA28

(54)【発明の名称】 レーザ素子

(57)【要約】

【課題】 レーザ素子において、コーティング膜の内部応力を小さくして信頼性を高める。

【解決手段】 コーティング膜の内部応力を $8 \times 10^8$  (Pa)以下にする。これにより、レーザ素子のレーザ媒質に生じる歪を低減することができるので、時間当たりの駆動電流の増加率を低減でき、信頼性を向上できる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 レーザ媒質と、該レーザ媒質の対向する2つの共振器面の少なくとも一方に形成されたコーティング膜とを有するレーザ素子において、前記コーティング膜の内部応力が、 $8 \times 10^8$  (Pa) 以下であることを特徴とするレーザ素子。

【請求項2】 前記レーザ媒質が、化合物半導体からなることを特徴とする請求項1記載のレーザ素子。

【請求項3】 前記レーザ媒質が、化合物半導体からなる活性層と該活性層を挟んで上下層に少なくとも化合物半導体からなるクラッド層とを備えてなるものであり、前記コーティング膜が  $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $Si$ 、 $SiN$  あるいは  $AlN$  からなる層を少なくとも1つ積層してなることを特徴とする請求項1記載のレーザ素子。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、共振器端面にコーティング膜を備えたレーザ素子に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 レーザ素子の端面に形成されている反射率制御あるいは端面保護のためのコーティング膜は、真空蒸着、プレーナマグネトロンスパッタ、ECRスパッタ、イオンスパッタ、レーザアブレーション (Pulse Laser Deposition) あるいはCVD法等により形成される。このコーティング膜はレーザパワー密度の増大とともに光損傷により劣化する。コーティング膜の光損傷しきい値をあげるために、コーティング膜の歪を小さくする試みが多くなされている。具体的には、基板にコーティング膜を成膜した際に発生する内部応力を低減させるため、コーティング膜材料の選定、成膜手法および成膜処方の最適化が行われている。

【0003】 また、レーザの一種である半導体レーザにおいても、共振器端面に用いられるコーティング膜は、上記のような方法により同様に高温で成膜される。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところが、半導体レーザ素子の共振器母体の半導体材料とその共振器面上にコーティングされるコーティング膜の材料とは線膨張係数が大きく異なるので、成膜後、常温にしたときの収縮率の差も大きい。このため、コーティング膜に内部応力が発生し、この内部応力によりレーザ媒質に引張り歪が生じ、レーザ特性に悪影響を及ぼすことが知られている。従って、内部応力を原理的に無くすることはできないが、この応力を減らすことが要望されている。

【0005】 本発明は上記事情に鑑みて、共振器端面にコーティング膜を備えたレーザ素子において、高い信頼性を有するレーザ素子を提供することを目的とするものである。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 本発明のレーザ素子は、レーザ媒質と、該レーザ媒質の対向する2つの共振器面の少なくとも一方に形成されたコーティング膜とを有するレーザ素子において、コーティング膜の内部応力が、 $8 \times 10^8$  (Pa) 以下であることを特徴とするものである。

【0007】 レーザ媒質は、化合物半導体からなるものであってもよい。

【0008】 また、レーザ媒質は、化合物半導体の活性層と該活性層を挟んで上下層に少なくとも化合物半導体のクラッド層とを備えてなるものであり、コーティング膜は  $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $Si$ 、 $SiN$  あるいは  $AlN$  からなる層を少なくとも一つ積層してなるものであってもよい。

## 【0009】

【発明の効果】 本発明のレーザ素子によれば、コーティング膜の内部応力を、 $8 \times 10^8$  (Pa) 以下とすることにより、レーザ媒質に生じる結晶の引張り歪を低減できるのでレーザ素子の経時劣化率を低減することができ、また信頼性を向上できる。

【0010】 レーザ媒質が化合物半導体からなる場合、レーザ媒質とコーティング膜との線膨張係数差が大きいため引張り歪が大きく劣化率が高いが、本発明により、レーザ媒質に生じる引張り歪を低減することができ、半導体レーザ素子の駆動電流の増加を低減することができる。よって素子の寿命を長くすることができ、高い信頼性を得ることができる。

【0011】 レーザ媒質が、化合物半導体からなる活性層と該活性層を挟んで上下層に少なくとも化合物半導体からなるクラッド層とを備えてなるものであり、コーティング膜が  $Al_2O_3$ 、 $TiO_2$ 、 $SiO_2$ 、 $Ta_2O_5$ 、 $Si$ 、 $SiN$  あるいは  $AlN$  からなる層を少なくとも1つ積層してなるレーザ素子の場合についても、レーザ媒質とコーティング膜との線膨張係数差が大きいため、本発明を適用することは信頼性の向上に特に効果的である。

## 【0012】

【発明の実施の形態】 以下に本発明の実施の形態を図面を用いて詳細に説明する。

【0013】 本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ素子について説明する。その斜視図を図1に示す。図1は、ヒートシンクに実装する前の半導体レーザ素子単体の形状を示すものであり、図2に示すバー状の試料を劈開してなるものである。

【0014】 図1に示すように、有機金属気相成長法により、 $n-GaAs$  基板1上に  $n-Ga_{1-x}Al_xAs$  下部クラッド層 ( $0.55 \leq x \leq 0.7$ ) 2、 $i-In_{0.49}Ga_{0.51}P$  下部光導波層 (厚さ  $d_b = 110\text{nm}$ ) 3、 $In_{x_3}Ga_{1-x_3}As_{1-y_3}P_{y_3}$  量子井戸活性層 (厚さ  $d_a = 8\text{nm}$ ) 4、 $i-In_{0.49}Ga_{0.51}P$  上部光導波層 (厚さ  $d_b = 110\text{nm}$ ) 5、 $p-Ga_{1-z_1}Al_{z_1}As$  上部第1

クラッド層(厚さ $d_c=100\text{nm}$ )6、 $p\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層7、 $p\text{-Ga}_{1-x_1}\text{Al}_{x_1}\text{As}$ 上部第2クラッド層8、 $p\text{-GaAs}$ コンタクト層9を順次積層し、その上に、絶縁膜(図示せず)を形成する。

【0015】この後、通常のリソグラフィにより、幅30~250 $\mu\text{m}$ 程度のストライプで、これに連続する周辺部に平行な幅10 $\mu\text{m}$ 程度のストライプの絶縁膜(図示せず)を除去し、この絶縁膜(図示せず)をマスクとして、ウェットエッチングにより、 $p\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層7の上部まで除去して、リッジストライプを形成する。エッチング液として、硫酸と過酸化水素水系の溶液を用いる。このエッチング液を用いることにより、自動的にエッチングを $p\text{-In}_{0.49}\text{Ga}_{0.51}\text{P}$ エッチング阻止層7の上部で停止させることができる。

【0016】マスクとして使用した絶縁膜(図示せず)を除去した後、全面に絶縁膜11を形成し、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ上の絶縁膜11の一部を該リッジストライプに沿って除去し、電流注入窓を作成する。その上全面に $p$ 側電極12を形成し、 $p$ 側電極12の上に $\text{Au}$ メッキ13を5 $\mu\text{m}$ 以上行う。その後、基板の厚さが100~150 $\mu\text{m}$ になるまで研磨を行い、 $n$ 側電極14を形成する。

【0017】本実施の形態による半導体レーザ素子の発振する波長帯に関しては、 $\text{In}_{x_3}\text{Ga}_{1-x_3}\text{As}_{1-y_3}\text{P}_{y_3}$   
( $0\leq x_3\leq 0.5$ 、 $0\leq y_3\leq 0.5$ )からなる活性層の組成を制御することにより、 $750<\lambda<1100\text{(nm)}$ の範囲が可能である。

【0018】各半導体層の成長法としては、固体あるいはガスを原料とする分子線エピタキシャル成長法を用いてもよい。

【0019】上記構造は、 $n$ 型基板上に各半導体層を形成してなるものであるが、 $p$ 型基板を用いてもよい。この場合、上記各半導体層の導電性を反転した半導体層を形成すればよい。

【0020】次に、上記のようにして作製した半導体レーザ素子の共振器端面に反射率制御層15および16を形成する。

【0021】上記半導体レーザ素子の構成において、ストライプ幅を50 $\mu\text{m}$ 、発振波長を809nm、半導体層のサフィクスを $x_1=0.64$ 、 $x_3=0.12$ 、 $y_3=0.24$ とし、 $\text{GaAs}$ の(100)面が露出する方向に大気中で共振器長0.75~2.5mm、好ましくは0.9~1.5mmの範囲で切り出す。図2に示すようなバー状の試料21を作製し、光出射面22を露出させる。このバー状の試料をコーティング可能な治具に大気中でセットし、さらに、この治具をスパッタ装置内にセットする。装置内を真空排気し、到達真空度が $1\times 10^{-4}\text{Pa}$ に達したところで、 $\text{Ar}$ をスパッタ装置内に導入し、 $0.3\times 10^{-1}\sim 7\times 10^{-1}$

$\text{Pa}$ の範囲にアルゴンガス圧を設定後、成膜する。半導体レーザ素子の光取り出し側の端面に、低反射膜として $\text{Al}_2\text{O}_3$ を単層で成膜する場合、その膜厚を制御することにより反射率を2~32%に制御することが可能である。光取り出し側の反射膜の成膜が終了すると、高反射膜側に反射率制御膜を成膜する。この高反射側は半導体上に形成する第一層として $\text{Al}_2\text{O}_3$ を $\lambda/4$ ( $\lambda$ :レーザの発振波長)相当の膜厚を形成し、その上に $\lambda/4$ 相当の膜厚を有した $\text{TiO}_2$ と $\text{SiO}_2$ の積層構造を形成することにより、反射率80%以上の膜を形成することが可能である。ここでは、反射95%以上の $\lambda/4$ 酸化物の10層の積層構造( $\text{Al}_2\text{O}_3/(\text{TiO}_2/\text{SiO}_2)^4/\text{TiO}_2$ )を形成した。この高反射膜は、上述のように多層構成をとるため特に内部応力が大きく、半導体レーザ素子自体に引張り歪を生じさせるため半導体レーザ素子自体の信頼性への影響が確認されている。

【0022】そこで、上記半導体レーザ素子と同様の層構成であって、内部応力の異なる高反射膜形成し、素子に切り出した半導体レーザ素子を作製し、それぞれの半導体レーザ素子の信頼性を評価した。共振器長は0.9mmのものをを用いた。その結果を図3に示す。横軸は高反射率膜の内部応力を示し、縦軸に50 $\mu\text{m}$ 発光幅に加工した素子を環境温度50℃、出力500mWで動作させた時の信頼性カーブ(時間に対する駆動電流の増加を示したもの)から求めた駆動電流の時間当たりの上昇率(つまり劣化率)を示す。図3に示すように、 $8.0\times 10^8\text{(Pa)}$ 以下に抑えることにより、信頼性が改善されていくことがわかる。

【0023】高反射膜の内部応力を小さくする方法として、図4に示すようにスパッタ法における成膜時のスパッタ圧を制御する方法があるが、成膜時のターゲット投入電力などでも膜の応力を制御できる。また、他の成膜処方としては、基板温度あるいは成膜レート等によっても制御が可能である。

【0024】上記のようにバー状の試料の前面と後面に反射率制御層を形成したものは、幅500~600 $\mu\text{m}$ にへき開して素子単体を作製し、ヒートシンクに実装する。ヒートシンクは $\text{Cu}$ に $\text{Ni}$ メッキ(5 $\mu\text{m}$ )を実施し、その上に $\text{Ni}$ (50~150nm)、 $\text{Pt}$ (50~200nm)および $\text{In}$ (3.5~5.5 $\mu\text{m}$ )をこの順に、半導体レーザ素子のボンディング面より広い領域(少なくとも4倍)に蒸着したものをを用いる。このヒートシンクを180~220℃の温度範囲で加熱して $\text{In}$ を熔融させて、素子の $p$ 側をヒートシンクにボンディングする。

【0025】ここで、内部応力の算出方法について説明する。図5に示すように、 $\text{GaAs}$ 基板31に上記第1の実施の形態の半導体レーザ素子に形成した高反射多層膜と同一処方にて多層膜32を形成し、全体の反り量を測定して、以下に示す式(薄膜、金原著、裳華房出版より抜

料)から求めた。

$$【0026】 \sigma = E b^2 \delta / 3 (1 - \nu) l^2 d$$

なお、上記式中のEはGaAs基板のヤング率(Pa)を示し、 $\nu$ はGaAs基板のポアソン比を示し、lはGaAs基板の長さ(cm)を示し、bはGaAs基板の厚さ(cm)を示し、dは高反射膜32の厚さ(cm)を示し、 $\delta$ は変位(cm)を示す。ここでは、EはGaAsのヤング率を代入し、 $\nu$ はGaAsのポアソン比を代入する。また、GaAsのヤング率は $8.5 \times 10^{10}$  (Pa)とし、ポアソン比を0.32 (Properties of Aluminum Gallium Arsenide 1993 INPEC ISBN 085296 5583より引用した)とした。

【0027】次に、本発明の第2の実施の形態による半導体レーザ素子について説明する。

【0028】有機金属気相成長法により、n-GaAs基板上に、n-In<sub>0.49</sub>(Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>)<sub>0.51</sub>P下部クラッド層(0≤z1≤0.5)、i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub>下部光導波層(x2=0.49y2±0.01、0.1≤y2≤0.9、厚さdb=75~400nm)、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub>量子井戸活性層(0≤x3≤0.4、0≤y3≤0.6)、i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub>上部光導波層(x2=0.49y2±0.01、0.1≤y2≤0.9、厚さdb=75~400nm)、p-In<sub>0.49</sub>(Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>)<sub>0.51</sub>P上部クラッド層、p-GaAsコンタクト層を成長する。引き続き絶縁膜を形成する。

【0029】この後、通常のリソグラフィにより、幅3~5μm程度のストライプでこれに連続する周辺部に平行な幅10μm程度のストライプの絶縁膜を除去し、この絶縁膜をマスクとして、ウェットエッチングにより、i-In<sub>x2</sub>Ga<sub>1-x2</sub>As<sub>1-y2</sub>P<sub>y2</sub>上部光導波層の上部まで除去して、リッジストライプを形成する。

【0030】マスクとして使用した絶縁膜を除去した後、上面に新たに絶縁膜を形成し、通常のリソグラフィにより、リッジストライプ上の絶縁膜の一部を該リッジストライプに沿って除去し、電流注入窓を形成する。その上全面にp電極を形成する。その後、基板の研磨を行い裏面にn側電極を形成する。劈開によりできた共振器面に低反射膜と高反射膜を、上記第1の実施の形態と同様に、内部応力が $8 \times 10^8$  (Pa)以下となるように形成する。

【0031】この半導体レーザ素子の発振する波長帯に関しては、In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub>(0≤x3≤0.4、0≤y3≤0.6)からなる組成の活性層より、 $750 < \lambda < 1100$  (nm)の範囲までの制御が可能である。

【0032】上下のクラッド層に、Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As下部クラッド層(0.55≤z1≤1.0)を用いてもよい。

【0033】上記2つの実施の形態では、反射95%以上の高反射膜として、λ/4酸化物の10層の積層構造(X/Y)<sup>5</sup>(ただし、XはSiO<sub>2</sub>、YはTa<sub>2</sub>O<sub>5</sub>)が可能である。

【0034】また、上記実施の形態では、高反射膜と半導体レーザ素子の信頼性について評価を行ったが、上記XおよびYの材料を用いた低反射膜と半導体レーザ素子の信頼性の関係についても同様である。

【0035】また、本発明は、上記2つの実施の形態による半導体レーザ素子に限られるものではなく、他の半導体レーザデバイスにも適用することができる。ここで言うところの半導体レーザデバイスとは、代表的にはInGa<sub>N</sub>系(発振波長:360~500nm)、ZnSSe系(発振波長:410~540nm)、InGaAlP系(発振波長:600~730nm)、AlGaAs系(発振波長:750~870nm)、InGaAsP系(発振波長:700~1200、1300~1900nm)、InGaAs系(発振波長:950~1200、1300~1900nm)、InGaSb系(発振波長:1.8~3.0μm)の材料を用いた半導体レーザ構造を有したものを示す。

【0036】上記実施の形態では半導体レーザ素子の場合について説明したが、本発明は、光共振器の構成材料として、化合物半導体以外に、石英、サファイアあるいは強誘電体を用いたレーザモジュールにおいても、同様の効果を得ることができる。モジュール中の素子を、例えばSiおよびAlの少なくとも1つを含む酸化物、あるいはLiNbO<sub>3</sub>、LiTaO<sub>3</sub>、SrTiO<sub>3</sub>、(Pb<sub>1-x</sub>La<sub>x</sub>)(Zr<sub>y</sub>Ta<sub>1-y</sub>)O<sub>3</sub>およびPb(Zr<sub>z</sub>Ta<sub>1-z</sub>)O<sub>3</sub>のいずれか1つからなる波長変換素子や光導波路としたものにも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1の実施の形態による半導体レーザ素子を示す斜視図

【図2】第1の実施の形態による半導体レーザ素子のバーストの試料を示す斜視図

【図3】高反射膜の内部応力と半導体レーザ素子の劣化率との関係を示すグラフ

【図4】高反射膜をスパッタする際のスパッタガス圧と高反射膜の内部応力の関係を示すグラフ

【図5】内部応力を測定するためのレーザ素子の端面付近を示す断面図

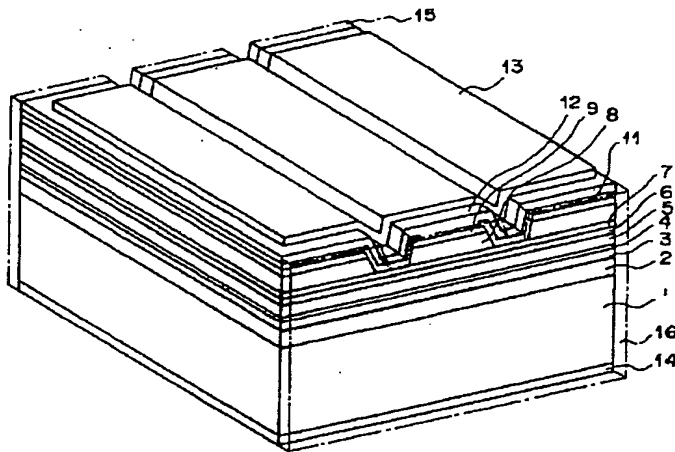
【符号の説明】

- 1 GaAs基板
- 2 n-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As下部クラッド層
- 3 i-In<sub>0.49</sub>Ga<sub>0.51</sub>P下部光導波層
- 4 In<sub>x3</sub>Ga<sub>1-x3</sub>As<sub>1-y3</sub>P<sub>y3</sub>量子井戸活性層
- 5 i-In<sub>0.49</sub>Ga<sub>0.51</sub>P上部光導波層
- 6 p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As上部第1クラッド
- 7 p-In<sub>0.49</sub>Ga<sub>0.51</sub>Pエッチング阻止層
- 8 p-Ga<sub>1-z1</sub>Al<sub>z1</sub>As上部第2クラッド層
- 9 p-GaAsコンタクト層
- 11 絶縁膜
- 12 p側電極

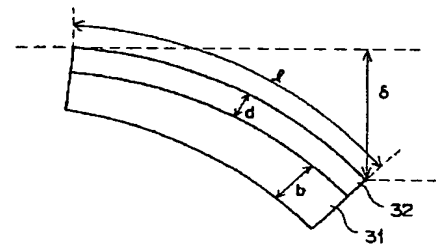
13 Auメッキ  
14 n側電極

15, 16 反射率制御層

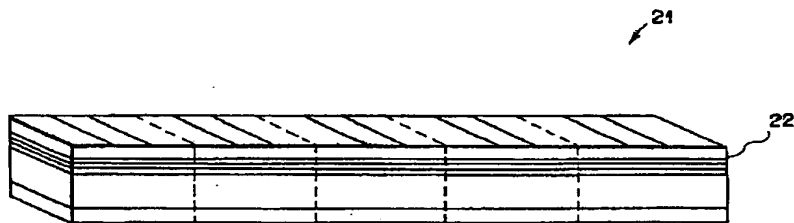
【図1】



【図5】

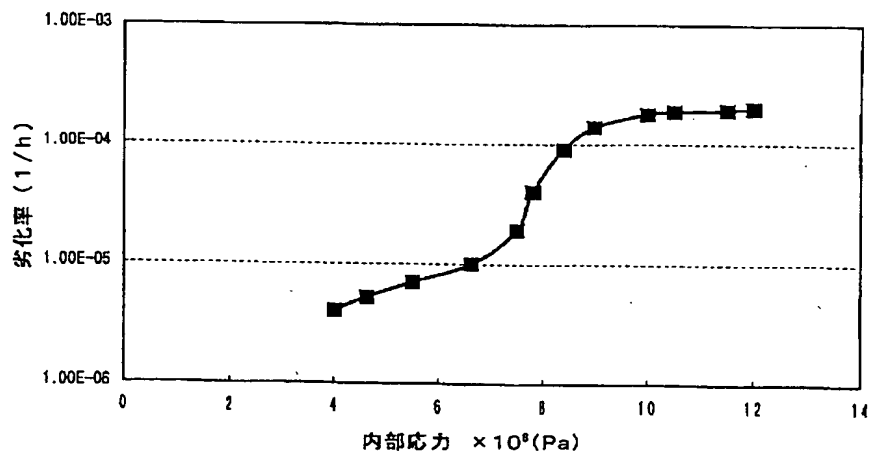


【図2】



【図3】

半導体レーザ高反射膜内部応力と信頼性の関係



【図 4】

